5AF-P09: การใช้รังสีเอกซ์เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผงพริกไทยดำและผงฟ้าทะลายโจร

The Application of X-rays to Reduce the Microbial Contamination in Black Pepper Powder and *Andrographis paniculata* Powder

สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1*] วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ[1] ศิริลักษณ์ ชูแก้ว[1]
เขมรุจิ เข็มทอง[1] และ เหนือตะวัน ธำรงสิริภาคย์[1]

Surasak Sajjabut[1*], Wachiraporn pewlong[1], Jarurattana Eamsiri[1], Siriluk Chookaew[1],
Khemruji Kemthong[1] and Nuatawan Thamrongsiripak[1]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการศึกษานี้คือการใช้รังสีเอ็กซ์กำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในสมุนไพรและศึกษาผลของรังสีเอ็กซ์ในปริมาณต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสมุนไพร สมุนไพรที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิดคือ ผงพริกไทยดำ และผงฟ้าทะลายโจร ส่วนรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ในการทดสอบมีปริมาณ 5 10 15 และ 20 กิโลเกรย์ จากการศึกษานี้พบว่า ในสมุนไพรทั้ง 2 ชนิด ที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในปริมาณที่สูงและเมื่อนำมาฉายรังสีเอ็กซ์ที่ปริมาณ 5 กิโลเกรย์ ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผงพริกไทยดำและในผงฟ้าทะลายโจรลดลง 3 log cycle และพบว่าสมุนไพรฉายรังสีเอ็กซ์ที่ปริมาณรังสี 5 กิโลเกรย์สามารถลดปริมาณยีสต์และราลงต่ำกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมจากปริมาณเริ่มต้นที่มีอยู่ 10^2-10^3 โคโลนีต่อกรัม และในการทดสอบนี้พบว่า สมุนไพรทั้ง 2 ชนิดที่ไม่ฉายรังสีมีการปนเปื้อนแบคทีเรียที่ทำให้ก่อโรค ชนิด บาซิลลัส ซีเรียส แต่ในตัวอย่างที่มีการฉายรังสีเอ็กซ์ที่ปริมาณ 5 กิโลเกรย์พบว่าปริมาณของบาซิลลัส ซีเรียส ต่ำกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ในการศึกษานี้พบว่าปริมาณรังสีเอ็กซ์ที่ 5 – 20 กิโลเกรย์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกด้วยวิธี FRAP และปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด) ในสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดนี้ จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้รังสีเอ็กซ์ที่ปริมาณรังสี 5 กิโลเกรย์เพียงพอในการปรับปรุงคุณภาพจุลินทรีย์ให้ผลิตภัณฑ์มีสุขลักษณะที่ดีและไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผงพริกไทยดำและผงฟ้าทะลายโจร

คำสำคัญ: สมุนไพรฉายรังสี รังสีเอ็กซ์ จุลินทรีย์

Abstract

The objectives of this study were to use X-rays to eliminate microorganisms that contaminated in herbs and to study the effects of different doses of X-rays on the change of bioactive substances and antioxidant activity in herbs. There were two kinds of herbs that used in this experiment: black pepper powder and *Andrographis paniculata* powder. The X-rays at doses of 5, 10, 15 and 20 kGy were applied in this study. The experiment showed high quantity of the total plate count in both types of non-irradiated herbs. However, the irradiated samples with X-rays at 5 kGy showed that the total microbial content in black pepper powder and *Andrographis paniculata* powder was reduced by 3 log cycles. It was found that the X-rays irradiation at 5 kGy decreased yeasts and molds content below 10 CFU/g from the initial amount of 10^2-10^3 CFU/g. In this experiment, the two non-irradiated herbs were contaminated with *Bacillus cereus* pathogenic bacteria. On the other hand, there were the amount of *Bacillus cereus* less than 10 CFU/g in the irradiated samples at dose 5 kGy. In this study, it was found that the X-rays at doses 5 - 20 kGy had no effect on the changes of the bioactive substances and the antioxidant activities (DPPH assay, FRAP and the total phenolic content) in these two herbs. In summary, this study indicated that irradiation with X-rays at 5 kGy was sufficient to improve the microbial quality for the hygienic herb product and did not affect the change of bioactive substances and antioxidant activities in black pepper powder and *Andrographis paniculata* powder

Keywords: The irradiated herb, X-rays

---

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)

[*] Corresponding author. E-mail: saksajja@yahoo.com

บทนำ

สภาพแวดล้อมและภูมิอากาศในประเทศไทยเหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด ทั้งเชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งมีผลเสียต่อคุณภาพของสมุนไพรและอาจมีการสร้างสารพิษที่เป็นร้ายต่อสุขภาพในระยะเฉียบพลันหรือระยะยาว สมุนไพรที่เป็นประโยชน์จึงอาจมีโทษถ้าไม่มีการจัดการที่ดี โดยกระบวนการทั่วไปคือการตากแห้งซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะทำได้ง่ายและสามารถเก็บรักษาสมุนไพรได้นานโดยไม่เสียหรือเสื่อมสภาพ แต่ถ้าต้องการทำให้แห้งเร็วอาจใช้ตู้อบอุณหภูมิ 35-60 องศาเซลเซียส แต่ทั้งนี้วิธีการดังกล่าวข้างต้นยังไม่เพียงพอต่อการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ลงได้ (พรสวรรค์ ดิษยบุตร, 2543)

ปัจจุบันนี้ยอมรับได้ว่าการฉายรังสีในอาหารและสมุนไพรนั้นเป็นเทคโนโลยีที่สามารถแก้ปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและชนิดก่อโรคได้ ซึ่งรังสีที่ใช้เป็นรังสีชนิดก่อไอออน การยับยั้งจุลินทรีย์นั้นเกิดขึ้นได้จากทางตรงและทางอ้อมโดยทางตรงนั้นรังสีจะไปทำลายโครงสร้างดีเอ็นเอของจุลินทรีย์ ส่วนทางอ้อมนั้นรังสีก่อให้เกิดอนุมูลอิสระจากน้ำที่เป็นองค์ประกอบของอาหารแล้วไปทำปฏิกิริยากับเซลล์ของจุลินทรีย์ ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นในอาหารเนื่องจากรังสีนั้นมีน้อยมาก (Thayer, 1990) ตามมาตรฐานโคเด็กที่เกี่ยวข้องกับอาหารฉายรังสี(CAC, 2003) ได้ระบุไว้ว่าชนิดของรัสีที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารมี 3 ชนิด ชนิดแรกคือรังสีแกมมาจากสารกัมมันตรังสีโคบอลต์ 60 หรือจากซีเซียม 137 ชนิดที่สองคือลำอิเล็กตรอนที่มีระดับพลังงานไม่เกิน 10 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ และชนิดที่สามคือรังสีเอ็กซ์ที่มีระดับพลังงานไม่เกิน 5 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ โดยรังสีเอ็กซ์นั้นได้มาจากการที่เครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนได้ผลิตลำอิเล็กตรอนพลังงานสูงแล้วพุ่งไปปะทะกับโมเลกุลของแทนทาลัมหรือทองเกิดปรากฏการณ์เบรมส์ชตราลุง (Bremsstrahlung) ซึ่งจะได้รังเอ็กซ์ออกมา (FDA, 2004)

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการนำรังสีเอ็กซ์มาใช้เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในสมุนไพรสองชนิด คือ ผงพริกไทยดำและผงฟ้าทะลายโจร และในการเลือกใช้รังเอ็กซ์มาทดลองนั้นเนื่องจากรังสีเอ็กซ์มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงใกล้เคียงกับรังสีแกมมาที่มาจากโคบอลต์ 60 แต่ข้อดีของรังสีเอ็กซ์คือกำเนิดจากพลังงานไฟฟ้าไม่ได้ผลิตจากสารกัมมันตรังสีซึ่งอาจทำให้เกิดทัศนคติที่ดีมากขึ้นต่ออาหารฉายรังสีสำหรับผู้ประกอบการหรือผู้บริโภคเมื่อมีการใช้รังสีเอ็กซ์

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมตัวอย่างและกระบวนการฉายรังสีเอกซ์

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ผงพริกไทยดำและผงฟ้าทะลายโจร ซึ่งได้จัดซื้อมาจากร้านขายสมุนไพรในจังหวัดกรุงเทพมหานคร นำมาชั่งน้ำหนัก 100 กรัมแล้วบรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ปิดผนึก นำไปฉายรังสีเอกซ์ ณ ศูนย์ฉายรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จ. ปทุมธานี

รังสีที่ใช้เป็นรังสีเอกซ์ที่มีระดับพลังงานประมาณ 2 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ (Mev) จากเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนที่กำลัง 50 กิโลวัตต์ (kW) ติดตั้งโดย บริษัท Mevex Corporation ประเทศแคนาดา ปริมาณรังสีที่ต้องการฉายในการศึกษานี้คือ 5 10 15 และ 20 กิโลเกรย์ (kGy)

2. การทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

การทดสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในการศึกษานี้ ทำการทดสอบ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count : CFU/g) ตามวิธีการ FDA- BAM 2001 C3 ปริมาณยีสต์และรา (Yeasts and Molds : CFU/g) ตามวิธีการ FDA- BAM 2001 C18 และเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ตามวิธีการ ISO 7932: 2004

3. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญ

ทำการสกัดตัวอย่างโดยการใช้ตัวอย่างน้ำหนักน้ำหนัก 0.1 กรัมเติม ร้อยละ 60 เอธานอล 10 มิลลิลิตร เขย่าแล้วนำไปวางไว้ในอ่างอัลตร้าโซนิกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการแยกส่วนใสเพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป ในการศึกษานี้ใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) ในการทดสอบปริมาณสารสำคัญ โดยในผงพริกไทยทำการวิเคราะห์ปริมาณสาร piperine โดยมีสภาวะของการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ เครื่อง HPLC Waters รุ่น e 2695 คอลัมน์: Sunfire C18 5μm 4.6x150 nm, column temperature: 30°c, mobile phase: isocratic ร้อยละ50 acetonitrile, flow rate: 1.0 mL/min., detector: PDA 345 nm, injection volume: 10μL, run time: 30 min.

ส่วนในผงฟ้าทะลายโจรทำการวิเคราะห์ปริมาณสาร andrographolide โดยมีสภาวะของการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ เครื่อง HPLC Waters รุ่น e 2695 คอลัมน์: Sunfire C18 5μm 4.6x150 nm, column temperature: 30 °c, mobile phase: isocratic ร้อยละ55 methanol, flow rate: 0.8 mL/min., detector: PDA 229 nm, injection volume: 10μL, run time: 10 min.

4. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

4,1 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) (Velioglu *et al*., 1998)

นำสารสกัดในข้อ 3 มาทดสอบโดยใช้วิธีการ Folin-Ciocalteu assay ขั้นแรกทำการเติมสาร Folin-Ciocalteu ที่ได้เจือจางแล้ว 10 เท่าปริมาณ 750 ไมโครลิตร ลงในสารสกัดจากตัวอย่างที่มีปริมาณ 100 ไมโครลิตร เขย่าผสมให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 5 นาที หลังจากนั้นเติม ร้อยละ 6 สารละลาย sodium carbonate ปริมาณ 750 ไมโครลิตร เขย่าผสมให้เข้ากันตั้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 90 นาที แล้วนำไปวัดการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร โดยค่าที่ได้เทียบกับกราฟของสารมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้น 0.02 – 0.10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และแสดงผลการวิเคราะห์ในหน่วย mg GAE / g sample (GAE = gallic acid equivalent)

4.2 ฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity) (Khattak *et al*., 2008)

นำสารสกัดในข้อ 3 มาทดสอบโดยใช้วิธีการ DPPH radical scavenging activity assay โดยนำสารละลาย 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ปริมาณ 900 ไมโครลิตร ลงในสารละลายตัวอย่างที่มีปริมาณ 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันวางตั้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องระยะเวลา 15 นาที แล้วนำไปวัดการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยค่าที่ได้เทียบกับกราฟของสารมาตรฐาน ascorbic acid ที่ความเข้มข้น 0 – 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และแสดงผลการวิเคราะห์ในหน่วย mg AAE / g sample (AAE = ascorbic acid equivalent)

4.3 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (ferric ion reducing antioxidant power assay : FRAP) (Benzie *et al*., 1996)

เตรียมสารละลาย FRAP ทำได้โดย ผสม 16.7 $FeCl_3.6H_2O$ มิลลิโมลาร์ และ 8.3 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) มิลลิโมลาร์ ด้วย 250 acetate buffer) มิลลิโมลาร์ ที่มี pH 3.6 หลังจากนั้นเติมสารละลาย FRAP ที่เตรียมใหม่ ๆ 2700 ไมโครลิตร ลงในสารละลายตัวอย่างปริมาณ 300 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องระยะเวลา 90 นาที แล้วนำไปวัดการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 619 นาโนเมตร โดยค่าที่ได้เทียบกับ

กราฟของสารมาตรฐาน $FeSO_4$ ที่ความเข้มข้น 100 – 500 ไมโครโมลาร์ และแสดงผลการวิเคราะห์ในหน่วย µmol $FeSO_4$/ g sample

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระใช้แผนการทดลองแบบ RCBD และ one-way ANOVA ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่าง ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan' New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS version 19

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

จากการทดลองนี้ (ตารางที่ 1.) พบว่าสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดเมื่อนำมาฉายรังสีเอ็กซ์มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในตัวอย่าง โดยเมื่อมีการฉายรังสี 5 กิโลเกรย์มีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราลดลง ทั้งในผงพริกไทยดำและผงฟ้าทะลายโจรประมาณ 2 - 3 log cycle และเมื่อฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 10 กิโลเกรย์หรือมากกว่า ทั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราลดลง < 10 CFU/g ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบการปนเปื้อนของแบคทีเรียชนิด *Bacillus cereus* ในตัวอย่างสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดด้วย เนื่องจากเป็นแบคทีเรียก่อโรคทำให้เกิดอาหารเป็นพิษที่พบมากในดินซึ่งอาจปนเปื้อนได้ง่ายในเครื่องเทศและสมุนไพร (Omer *et al*., 2018) จากผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่าตัวอย่างผงพริกไทยดำที่นำมาทดสอบมีการปนเปื้อนของ *Bacillus cereus* โดยมีปริมาณ 1.9×10^2 CFU/g แต่เมื่อมีการฉายรังสีเอ็กซ์ที่ปริมาณ 5 กิโลเกรย์ก็มีผลทำให้ปริมาณลดลงเหลือ < 10 CFU/g

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสมุนไพรแห้ง (มผช.๔๘๐/๒๕๔๗) ระบุไว้ว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบต้องไม่เกิน 5×10^5 CFU/g และปริมาณยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 CFU/g จะเห็นได้ว่าทั้งผงพริกไทยดำและผงฟ้าทะลายโจรที่ไม่ได้มีการฉายรังเอ็กซ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งปริมาณยีสต์และรามีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่เมื่อนำมาฉายรังสีเอ็กซ์ที่ 5 กิโลเกรย์ก็ทำให้ค่าการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากรังสีเอ็กซ์มีผลต่อการทำลายดีเอ็นเอของจุลินทรีย์และยับยั้งการซ่อมแซมตัวเอง (Krisko and Radman, 2013) โดยทั่ว ๆ ไปแล้วหลักการพื้นฐานในการลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในสมุนไพรแห้งนั้นคือการลดความชื้นโดยการใช้อุณหภูมิที่ไม่สูงมากเพื่อป้องกันการสูญเสียคุณสมบัติที่ดีต่าง ๆ ของสมุนไพรนั้น ๆ เช่น สารระเหย สารสำคัญ หรือรสชาติทางประสาทสัมผัส เมื่อไม่สามารถใช้อุณหภูมิสูงได้จึงทำให้ยังมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อยู่ในปริมาณที่สูง ดังนั้นการฉายรังสีจึงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการกำจัดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เหล่านี้อีกทั้งการฉายรังสีไม่ก่อให้เกิดความร้อนที่ยังผลต่อการสูญเสียคุณสมบัติต่าง ๆ ของสมุนไพรไป

Table 1. Effects of X-rays irradiation on the qualities of microorganism of black pepper powder and *A.paniculata* powder

Dose	Total plate count (CFU/g)		Yeasts and molds (CFU/g)		*Bacillus cereus* (CFU/g)	
(kGy)	Black pepper	*A. paniculata*	Black pepper	*A.paniculata*	Black pepper	*A.paniculata*
0	2.1×10^6	4.2×10^5	1.0×10^2	3.6×10^3	1.9×10^2	< 10
5	4.6×10^3	4.7×10^2	< 10	< 10	< 10	< 10
10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
15	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
20	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

CFU = colony forming units

2. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญ

ในการศึกษานี้ใช้เครื่อง HPLC ในการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในผงพริกไทยดำและผงฟ้าทะลายโจร ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีเอ็กซ์ที่ปริมาณ 5-20 กิโลเกรย์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร piperine ในผงพริกไทยดำและสาร andrographolide ในผงฟ้าทะลายโจร

Table 2. Effects of X-rays irradiation on the content of piperine and andrographolide.

Dose (kGy)	Piperine (mg/g)	Andrographolide (mg/g)
0	$35.23^a \pm 0.40$	$4.53^a \pm 0.23$
5	$35.10^a \pm 1.51$	$4.60^A \pm 0.20$
10	$35.27^a \pm 1.63$	$4.63^a \pm 0.23$
15	$36.07^a \pm 2.10$	$4.27^a \pm 0.05$
20	$33.93^a \pm 1.22$	$4.33^a \pm 0.15$

Means with same letters within in the same column are not significantly different ($P \geq 0.05$).

3. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

หลักการของการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการ DPPH assay นั้นคือสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ต้องการทดสอบไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เสถียรของสาร 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl หากในตัวอย่างมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงก็สามารถที่จะกำจัดอนุมูลอิสระได้มากมีผลทำให้สีของ1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ส่วนการทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกนั้นมีหลักการคือ ความสามารถในการเปลี่ยน Fe^{3+} ในสารละลาย ferricyanide complex ไปเป็น Fe^{2+} ซึ่ง Fe^{3+} นั้นจะเป็นตัวเร่งที่จะทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นมาหากสารสกัดสมุนไพรตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกได้ดีก็แสดงว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่สูง

จากผลในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีเอ็กซ์ที่ปริมาณรังสี 5 – 20 กิโลเกรย์ในผงพริกไทยดำไม่มีการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \geq 0.05$ ส่วนการฉายรังเอ็กซ์ในตัวอย่างผงฟ้าทะลายโจรนั้นพบว่าเมื่อมีการฉายรังสีในปริมาณที่สูงขึ้นไม่ทำให้ปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมดและค่าการทดสอบฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) มีการเปลี่ยนแปลง แต่มีผลทำให้ค่าการทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ

สูงขึ้นเมื่อฉายรังสีในปริมาณที่สูงขึ้น โดยสันนิษฐานว่ารังสีอาจเกี่ยวข้องกับรังสีที่ทำให้สารแทนนินที่มีอยู่ในตัวอย่างเกิดการย่อยสลาย (degradation) (Variyar *et al.*, 1998) และเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลใหม่ (Topuz and Ozdemir, 2004)

Table 3 Effects of X-rays irradiation on the activities of antioxidants of black pepper powder and *A.paniculata* powder

samples	Dose (kGy)	Total phenolic content (mgGAE/g)	DPPH assay (mg AAE/g)	FRAP (μmol $FeSO_4$/g)
Black pepper	0	$10.14^{a} \pm 1.29$	$4.46^{a} \pm 0.39$	$80.67^{a} \pm 6.08$
	5	$10.00^{a} \pm 0.25$	$4.62^{a} \pm 0.29$	$78.61^{a} \pm 5.64$
	10	$10.34^{a} \pm 0.70$	$4.91^{a} \pm 0.30$	$86.79^{a} \pm 2.59$
	15	$10.18^{a} \pm 0.92$	$4.56^{a} \pm 0.42$	$82.20^{a} \pm 4.72$
	20	$10.73^{a} \pm 1.32$	$4.91^{a} \pm 0.43$	$81.54^{a} \pm 4.62$
A. paniculata	0	$20.85^{a} \pm 1.68$	$15.91^{a} \pm 0.94$	$213.26^{a} \pm 2.58$
	5	$20.38^{a} \pm 0.50$	$16.57^{a} \pm 0.25$	$217.30^{ab} \pm 3.42$
	10	$19.31^{a} \pm 0.43$	$16.59^{a} \pm 0.18$	$219.47^{b} \pm 1.82$
	15	$18.94^{a} \pm 0.41$	$16.44^{a} \pm 0.52$	$221.72^{b} \pm 4.52$
	20	$20.47^{a} \pm 0.63$	$17.09^{a} \pm 0.53$	$229.93^{c} \pm 2.50$

Means with different letters within in the same column and each of sample are significantly different ($P < 0.05$).

สรุป

จากการศึกษานี้สรุปได้ว่าการฉายรังสีเอ็กซ์ในผงพริกไทยดำและผงฟ้าทะลายโจรสามารถลดปริมาณของจุลินทรีย์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดและกำจัดจุลินทรีย์ชนิดก่อโรคที่ปนเปื้อนมาได้โดยการใช้ปริมาณรังสี 5 กิโลเกรย์ก็เพียงพอต่อก่อให้เกิดสุขลักษณะที่ดีของสมุนไพรทั้งสองชนิด และปริมาณรังสีเอ็กซ์ 5 – 20 กิโลเกรย์ก็ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญทั้งในพริกไทยดำและฟ้าทะลายโจร รวมไปถึงไม่ทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลง

เอกสารอ้างอิง

มผช.๔๘๐/๒๕๔๗: 2557. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสมุนไพรแห้ง

พรสวรรค์ ดิษยบุตร. 2543. สมุนไพร : การใช้อย่างถูกวิธี. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 88 หน้า.

Benzie, L.F.F. and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Analytical Biochemistry. 239: 70-76.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Used of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel-Wissenschaft und-technology. 28:25-30.

CAC (Codex Alimentarius Commission).2003wf. Codex general standard for irradiated foods. CODEX STAN 106-1983. Rev.1-2003.

FDA. 2004. Irradiation in the production, processing and handling of food. Federal Register. 69(246):76844–76847.

FDA- BAM 2001 C3 . Aerobic Plate Count. https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-3-aerobic-plate-count.

FDA- BAM 2001 C18. Yeasts, Molds and Mycotoxins. https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins

ISO 7932. 2004. :Microbiology of food and animal feeding stuffs - horizontal method for the enumeration of presumptive Bacillus cereus.

Khattak, K.F., Simpson, T.J.,Ihasnullah., 2008. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavenging activity of Nigella sativa seed, Food Chemistry. 110(4): 967- 72.

Krisko, A. and Radman, M. 2013. Biology of extreme radiation resistance: the way of Deinococcus radiodurans. Cold Spring Habor Perspectives in Biology. 5:a012765:1-11.

Omer, M.K., Álvarez-Ordoñez, A., Prieto, M., Skjerve, E., Asehun, T. and Alvseike, O..A. 2018. A Systematic Review of Bacterial Foodborne Outbreaks Related to Red Meat and Meat Products. Foodborne Pathogens and Disease. 15(10):598-611.

Thayer, D. W. 1990. Food irradiation: Benefits and concerns. Journal of Food Quality. 13:147–169.

Topuz, A., Ozdemir, F. 2004. Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika. Food Chemistry. 86: 509-515.

Variyar, P. S., Bandyopadhyay, C. and Thomas, P.1998. Effect of gamma irradiation on the phenolic acid of some Indian spices. International Journal of Food Science and Technology. 33:533-537.

Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L., Oomah, B.D. 1998. Antioxidant capacity and total phenolics in selected fruits, vegetable and grain products, Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46(10):4113-4117.

Wrolstad, E.R., Dust, W.R. and Lee, J. 2005. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. Trends in Food Science and Technology. 16:423-428.